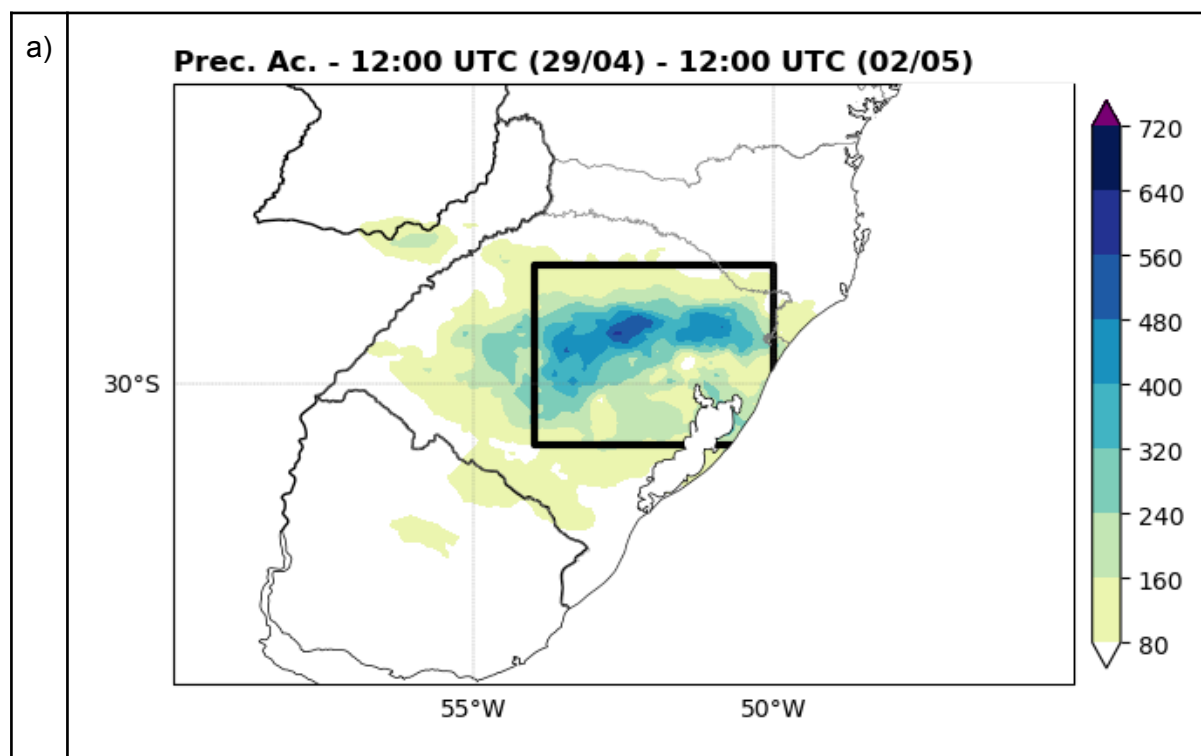
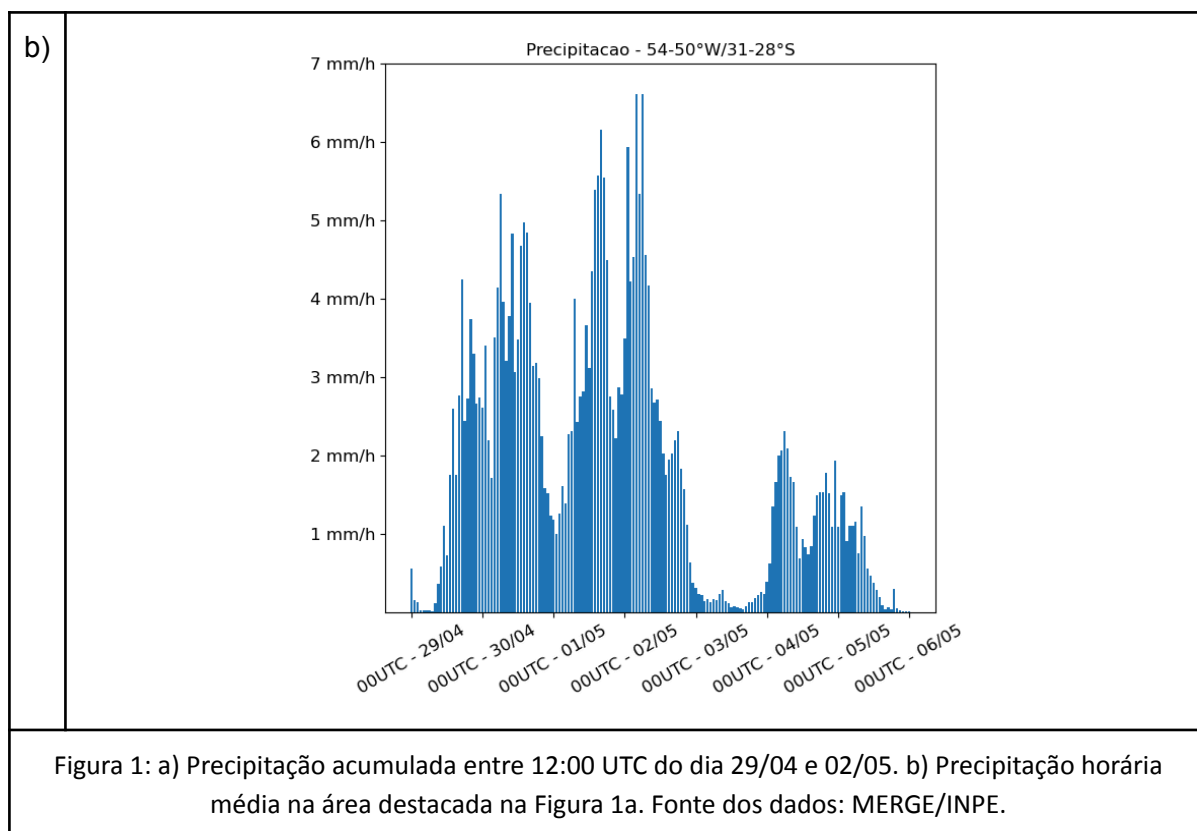


Evento extremo no Rio Grande do Sul entre final de abril e início de maio de 2024

Introdução

Entre o final do mês de abril (27) e começo de maio (02) de 2024 o Rio Grande do Sul registrou o pior evento meteorológico de sua história. A sucessão de dias de instabilidade atmosférica com chuvas constantes e intensas resultou em acentuada elevação do nível dos rios, especialmente da Bacia Hidrográfica do Guaíba. Como resultado, o Estado teve 478 de seus 497 municípios afetados, com mais de 500.000 desalojados/desabrigados e quase 200 óbitos. Os acumulados de chuva em apenas 3 dias superaram 600 mm em alguns municípios e uma ampla área do Estado registrou precipitações superiores a 400 mm (Figura 1a). Embora a chuva tenha continuado após o dia 02/05, nota-se que na Bacia do Rio Guaíba, os maiores volumes foram registrados entre os dias 29/04 e 02/05 (Figura 1b).





Tal evento foi resultado de uma combinação de sistemas meteorológicos atuantes em diferentes escalas. Em maior escala, a atuação do El Niño contribui para a intensificação do fluxo baroclínico na troposfera média e, geralmente, favorece episódios de precipitações acima da média no Sul do Brasil. Além disso, o Oceano Atlântico Tropical também encontrava-se mais aquecido em relação a sua média climatológica, o que eleva o conteúdo de umidade disponível.

Na escala sinótica, um bloqueio atmosférico estabelecido em latitudes médias no Oceano Pacífico colaborou para a manutenção de uma condição de elevada instabilidade atmosférica sobre o Rio Grande do Sul. Ao longo do período de chuvas intensas prevaleceu uma circulação intensa associada ao Jato de Baixos Níveis com transporte de ar quente e úmido da região amazônica direcionado principalmente para o estado do Rio Grande do Sul. Em médios níveis, a presença de um cavado de onda longa favorecia a formação de sistemas de baixa pressão na superfície. Por fim, o avanço e a interação de frentes frias com essa massa de ar mais quente e úmido contribuíram para episódios de tempestades severas, com registros de vendavais, tornados e de queda de granizo de tamanho significativo (entre 4 cm e 6 cm) em várias localidades do Rio Grande do Sul, como em Venâncio Aires/RS, em Barros Cassal/RS, em Espumoso/RS, em Santa Cruz do Sul/RS, em Jacuizinho/RS, em Passos de Torres/RS e em Passo do Sobrado/RS (Figura 02 abaixo), dentre outras cidades:



Figura 02: O fenômeno meteorológico (granizo), causou danos materiais em algumas residências de Passo do Sobrado/RS no dia 27. Fonte:

<https://gazetapopular.com/noticias/temporal-com-queda-de-granizo-causa-prejuizos-em-passo-do-sobrado-e-regiao/>.

Adicionalmente, chuvas intensas (volumes de chuva expressivos dentro de uma hora) foram registradas no período, bem como elevados acumulados de chuva. Vale ressaltar que, em muitas situações, dependendo do grau de vulnerabilidade da área afetada, essas chuvas intensas provocaram enxurradas, alagamentos e deslizamentos de terra, com perdas de vidas e elevados prejuízos, como nos mostra as Figura 03, a título de exemplo, da ocorrência da enchente no RS como um todo, e em Lajeado/RS, em particular:



Figura 03: Enxurrada provoca destruição em Lajeado/RS.

Fonte: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/chuvas-no-rs-enxurrada-deixa-rastro-de-destruicao-em-lajeado-veja-imagens/>

Na sequência deste documento, serão discutidos os aspectos sinóticos e climáticos relevantes, assim como os impactos observados na elevação do nível dos rios.

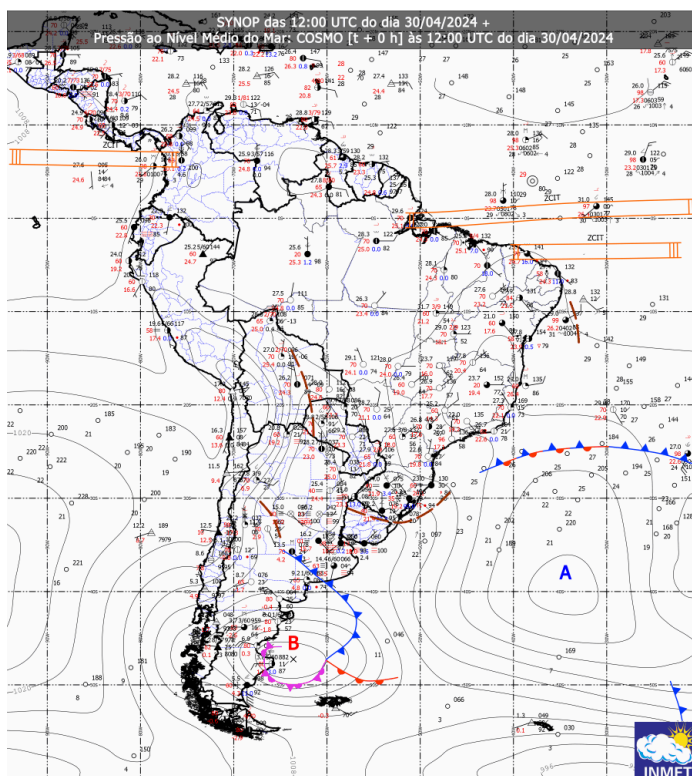
Análise Sinótica

30/04/24 - 12:00 UTC

Durante a terça-feira (30/04), o RS esteve afetado por um cavado em superfície que, combinado com a presença de uma massa instável, provocou chuvas intensas e volumosas no estado gaúcho. Segundo dados do INMET, a cidade de Santa Maria (RS) acumulou 135 mm em 24h (desde as 9h do dia 29/04 até às 9h do dia 30/04). A Figura 4a mostra a análise da carta de superfície correspondente às 12:00 UTC (9 h local) do dia 30/04/24 realizada pelo INMET. Nota-se a presença de um cavado invertido no extremo sudeste do RS e na

fronteira com o Uruguai. Nota-se também a presença da Baixa do Chaco no norte da Argentina. Em baixos níveis (Figura 4b), nota-se o intenso escoamento de noroeste associado ao Jato de Baixos Níveis que contribui para o transporte de ar mais quente e a elevação do conteúdo de umidade na direção do cavado observado em superfície e, em altos níveis (Figura 4c), observa-se a divergência do escoamento sobre o centro-sul do Rio Grande do Sul que intensificou os movimentos ascendentes sobre a região.

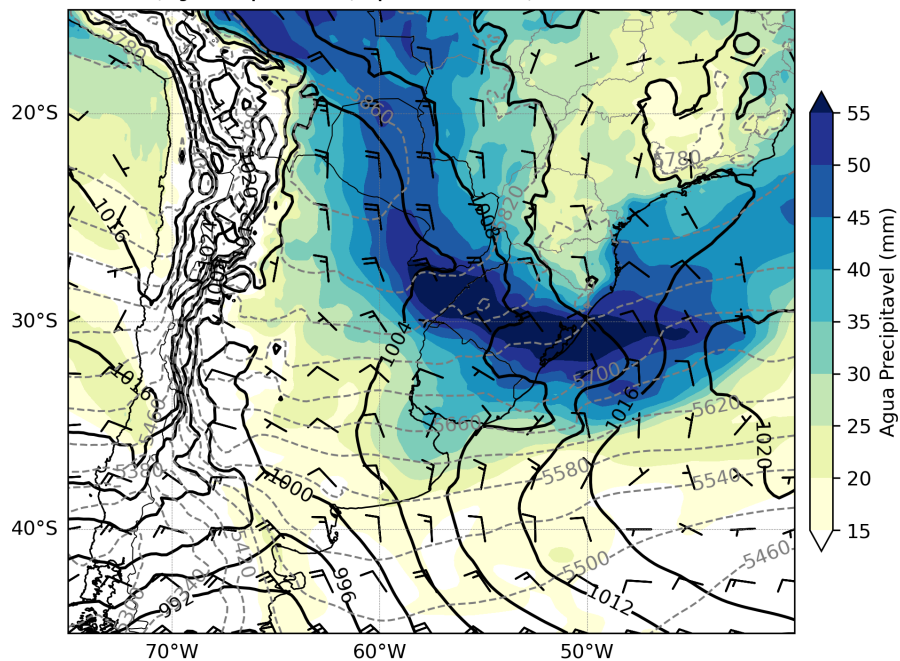
a)



b)

30/04 - 00UTC

PNMM (mb), Água Precipitável (mm), Espessura (500/1000), Vento 850 hPa



c)

30/04 - 00UTC

Vento 250 hPa, Divergência 250 hPa, Geopotencial 500 hPa

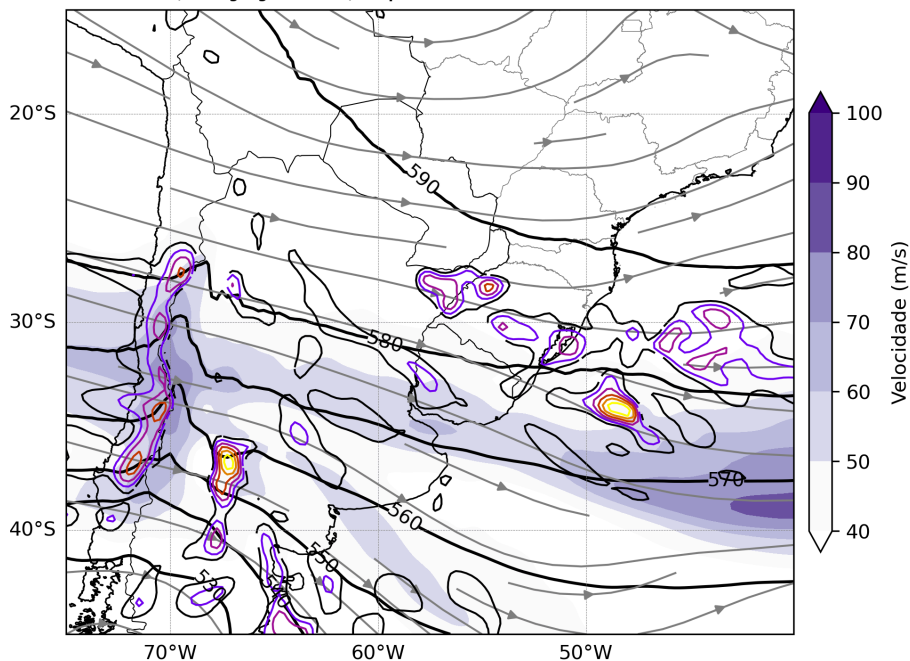
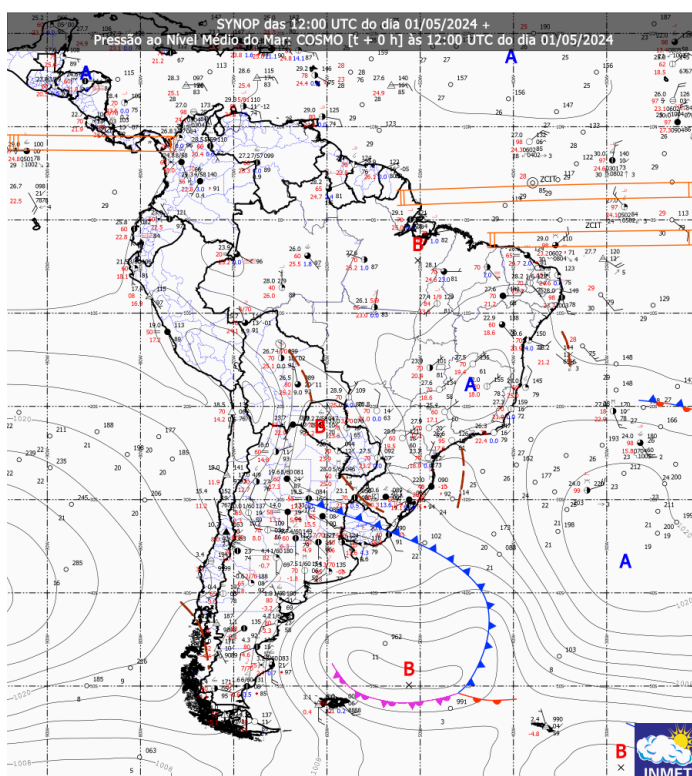


Figura 4: a) Carta de superfície. Fonte: INMET. b) Pressão ao nível médio do mar, água precipitável, espessura 500/1000 hPa. Fonte dos dados: ERA5. c) Divergência e vento em 250 hPa e geopotencial em 500 hPa. Fonte dos dados: ERA5. Válidos para: 12Z do dia 30/04/24

01/05/24 - 12:00 UTC

Na quarta-feira (01/05/24), segundo dados do INMET, a cidade de Santa Maria-RS registrou acumulados de 214 mm em 24 horas. A Figura 5a mostra a carta de superfície correspondente às 12:00 UTC (9 h local) do dia 01/05/24 realizada pelo INMET. Nota-se o sistema frontal no extremo sudeste do RS e a Baixa do Chaco no norte da Argentina e sul e oeste do Paraguai. Ainda que o sistema frontal estivesse atuante mais ao sul, nota-se que grande parte do RS continuava sendo afetado pelos ventos de quadrante noroeste, mantendo a presença da massa de ar instável em grande parte do estado gaúcho (Figura 5b). Em altos níveis (Figura 5c), a elevada divergência no escoamento contribui também para a manutenção e intensificação das instabilidades sobre a região.

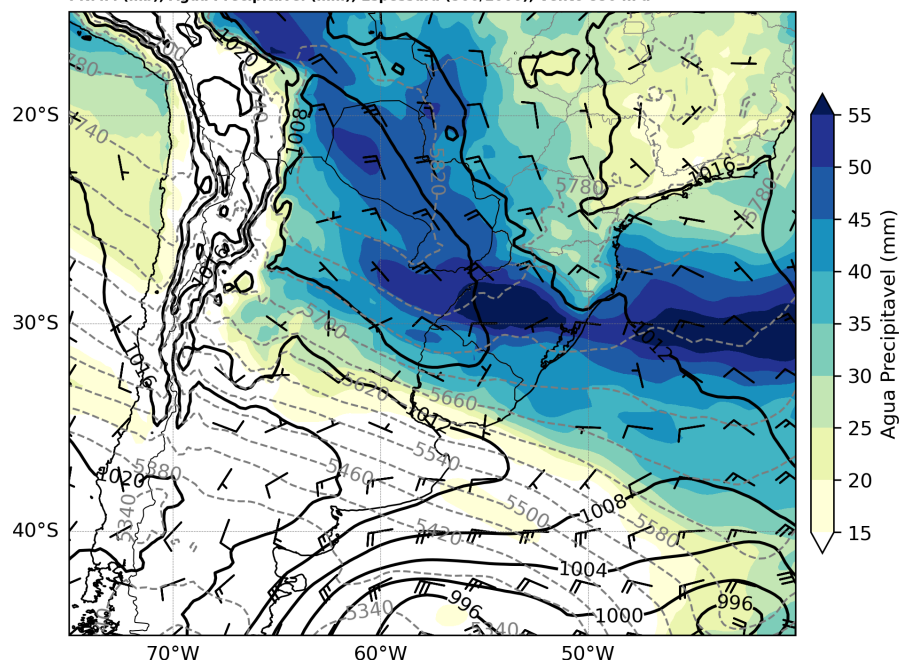
a)



b)

01/05 - 12UTC

PNMM (mb), Água Precipitável (mm), Espessura (500/1000), Vento 850 hPa



c)

01/05 - 12UTC

Vento 250 hPa, Divergência 250 hPa, Geopotencial 500 hPa

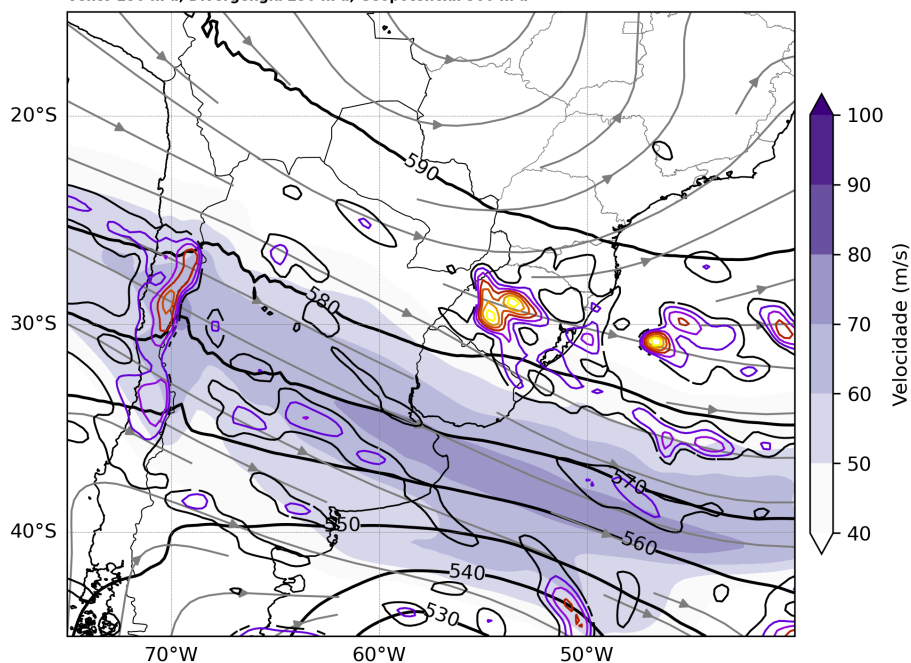
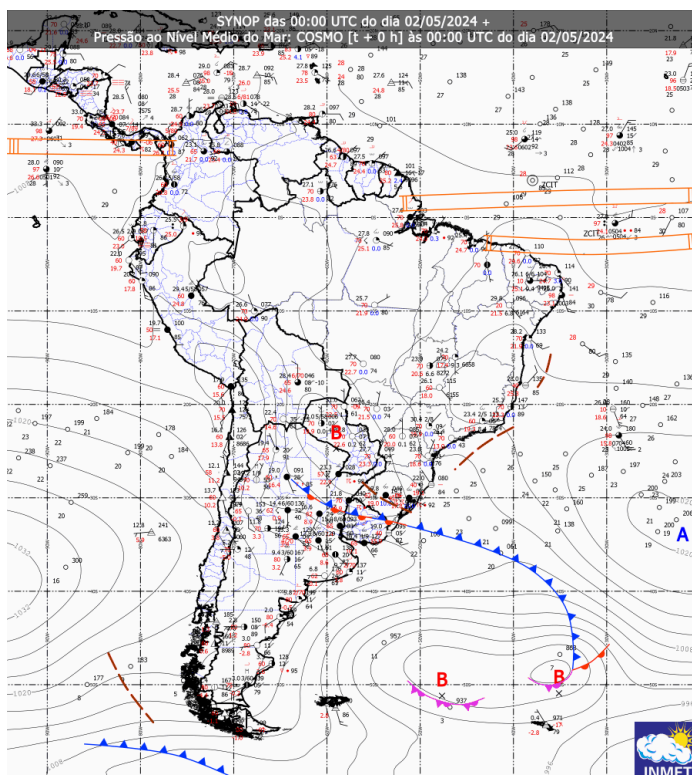


Figura 5: a) Carta de superfície. Fonte: INMET. b) Pressão ao nível médio do mar, água precipitável, espessura 500/1000 hPa. Fonte dos dados: ERA5. c) Divergência e vento em 250 hPa e geopotencial em 500 hPa. Fonte dos dados: ERA5. Válidos para: 12Z do dia 01/05/24

02/05/24 - 00:00 UTC

Durante o dia 02/05, o Rio Grande do Sul seguia sob a influência do sistema frontal, atuante já de forma estacionária sobre o Estado (Figura 6a). Com isso, o escoamento em baixos níveis seguiu direcionando umidade sobre a região com a manutenção também da circulação favorável em médios e altos níveis da atmosfera (Figura 6b-c).

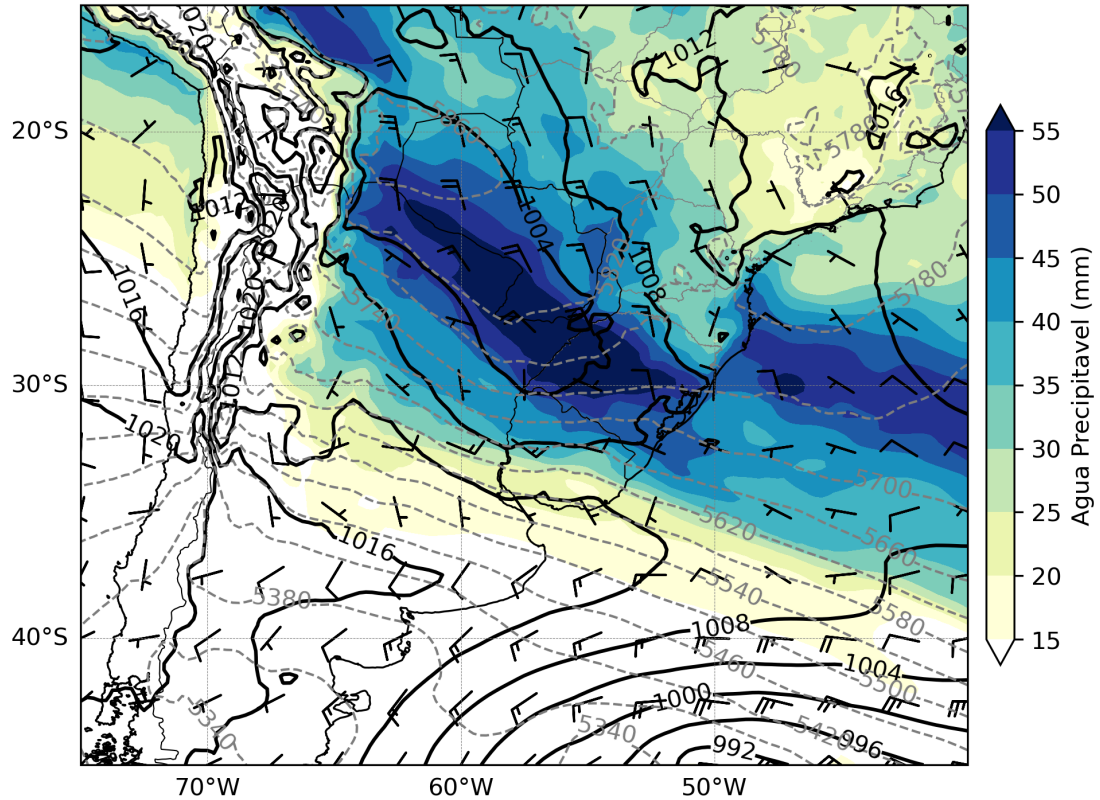
a)

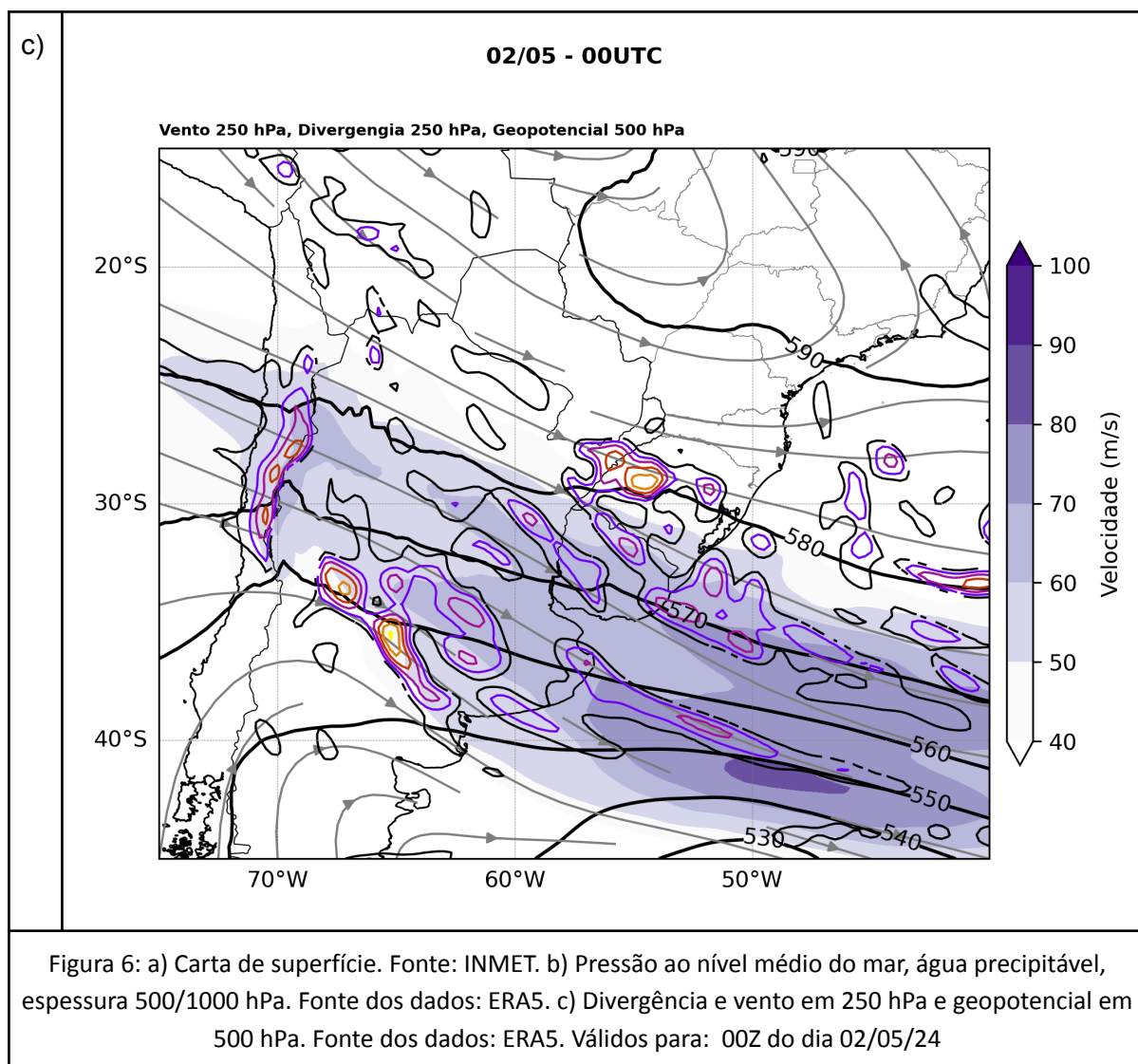


b)

02/05 - 00UTC

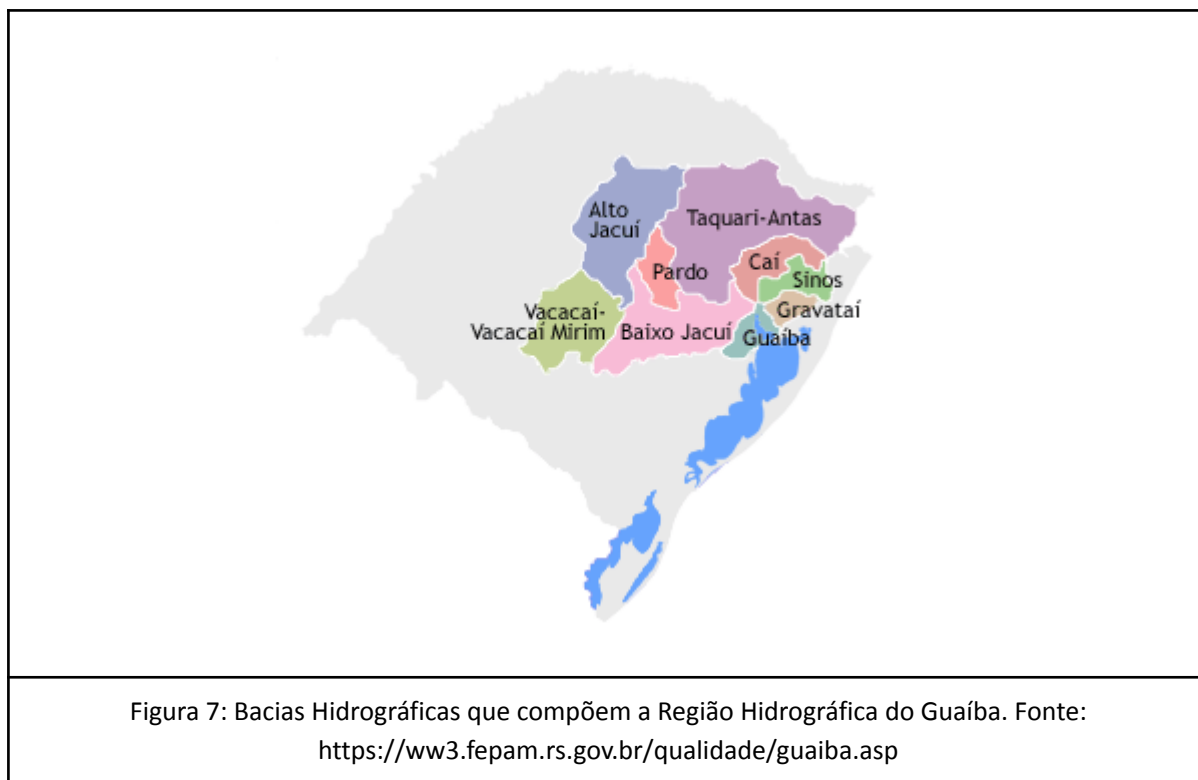
PNMM (mb), Agua Precipitavel (mm), Espessura (500/1000), Vento 850 hPa



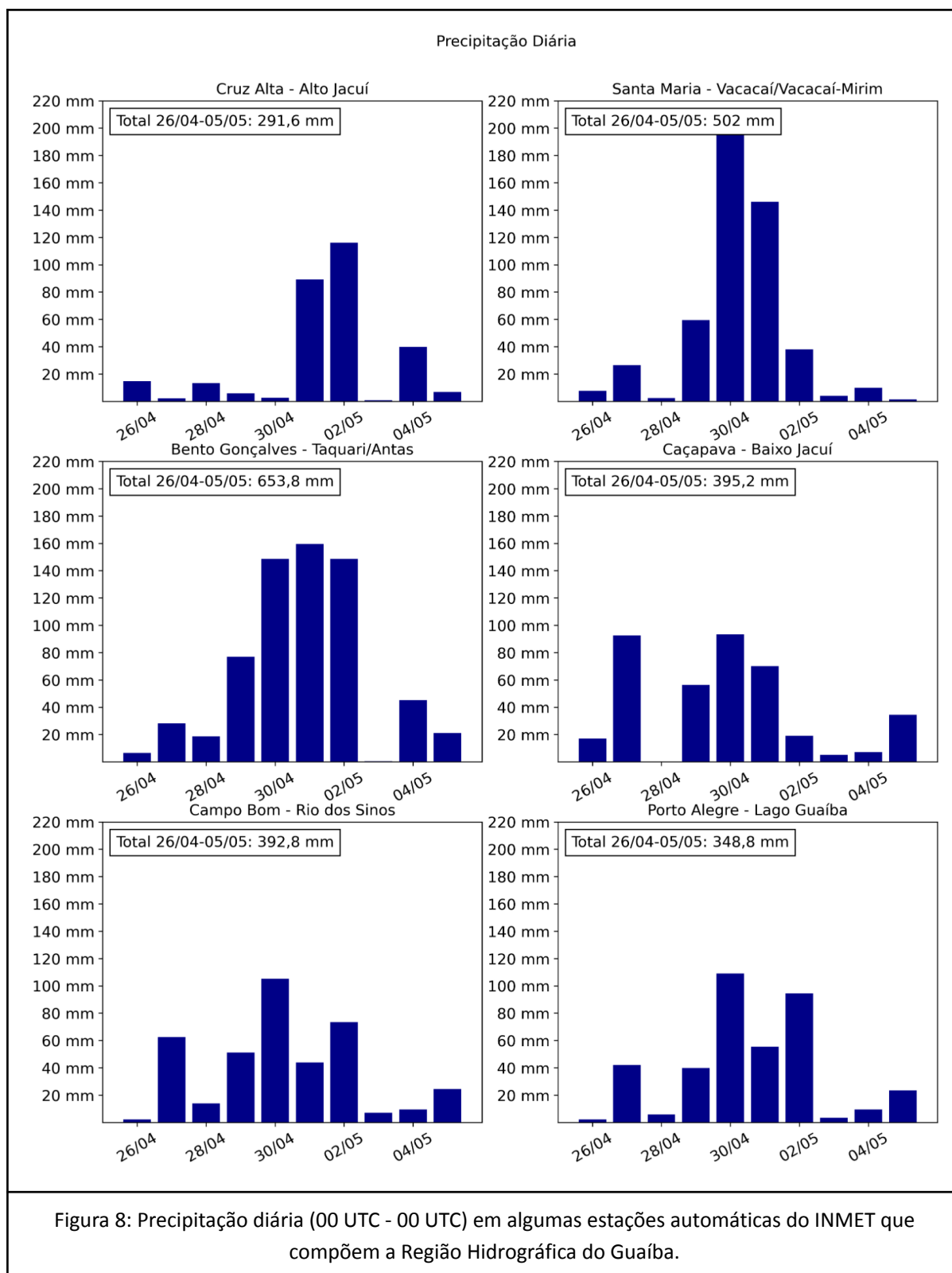


Precipitação e Nível dos Rios

A Região Hidrográfica do Guaíba (Figura 7) registrou os maiores volumes de chuva durante o período, além de abrigar cerca de 61% da população do Estado, segundo dados da FEPAM-RS. Compõe essa Região Hidrográfica as bacias do Alto Jacuí, Vacacaí/Vacacaí-Mirim, Pardo, Taquari/Antas, Baixo Jacuí, Caí, Sinos, Gravataí e Guaíba.



A Figura 8 apresenta as precipitações registradas em algumas estações automáticas do INMET entre os dias 26/04 e 05/05/24. Nota-se que os maiores volumes de chuva ocorreram entre os dias 30/04 e 02/05 e que municípios das Bacias do Taquari/Antas e Vacacaí/Vacacaí-Mirim tiveram os maiores volumes, tanto no intervalo de 24 horas quanto no acumulado para o período.

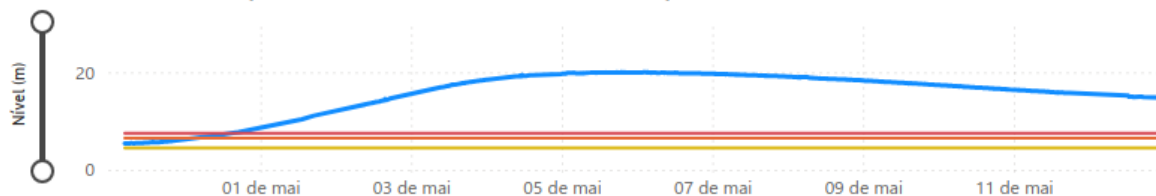


O excepcional volume de chuva em curto período de tempo resultou na elevação abrupta da maior parte dos rios que fazem parte da Bacia Hidrográfica (Figura 9 - Gráficos extraídos de: DRHS/SEMA - <https://linktr.ee/niveisguaiba2024>) com destaque para os valores observados no Rio Taquari e no Guaíba, sendo neste registrados os maiores níveis da história.



Rio Jacuí (em Rio Pardo)

● Nível (m) ● Cota de Inundação (7,5 m) ● Cota de Alerta (6,5 m) ● Cota de Atenção (4,5 m)



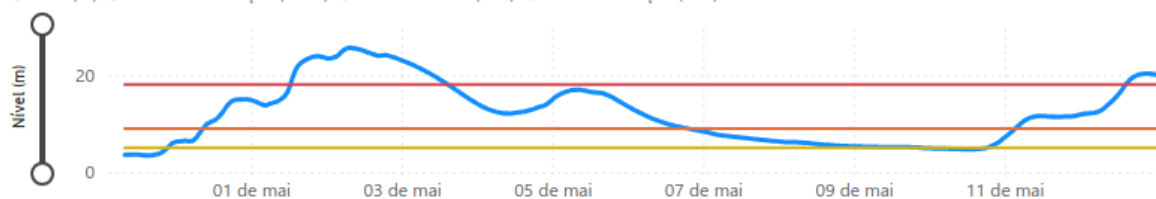
Rio Taquari (em Estrela)

● Nível (m) ● Cota de Inundação (19 m) ● Cota de Alerta (17 m) ● Cota de Atenção (15 m)



Rio Taquari (em Muçum)

● Nível (m) ● Cota de Inundação (18 m) ● Cota de Alerta (9 m) ● Cota de Atenção (5 m)



Rio Cai (em Feliz)

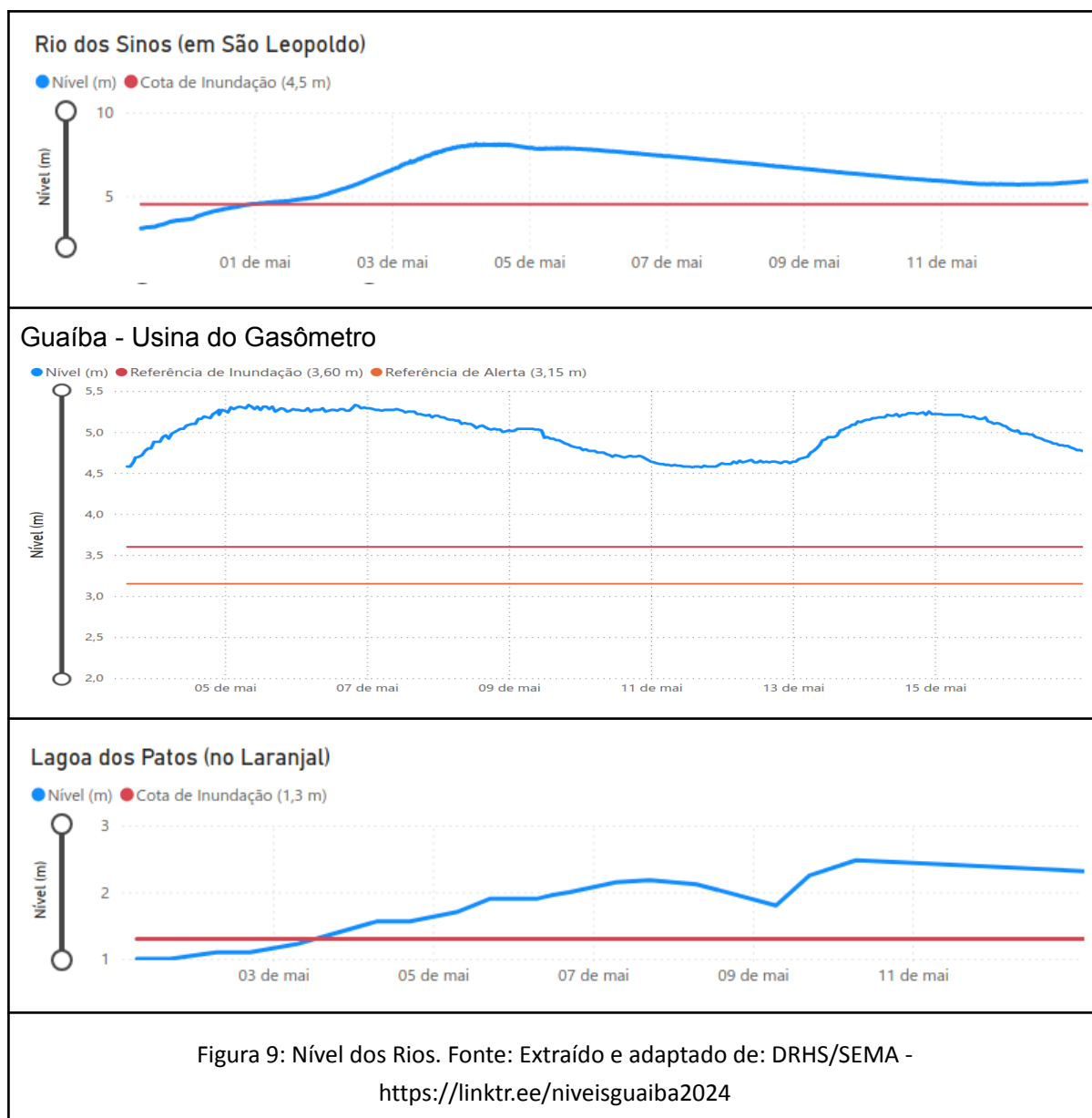
● Nível (m) ● Cota de Inundação (9 m) ● Cota de Alerta (7 m) ● Cota de Atenção (4 m)



Rio Gravataí (em Gravataí)

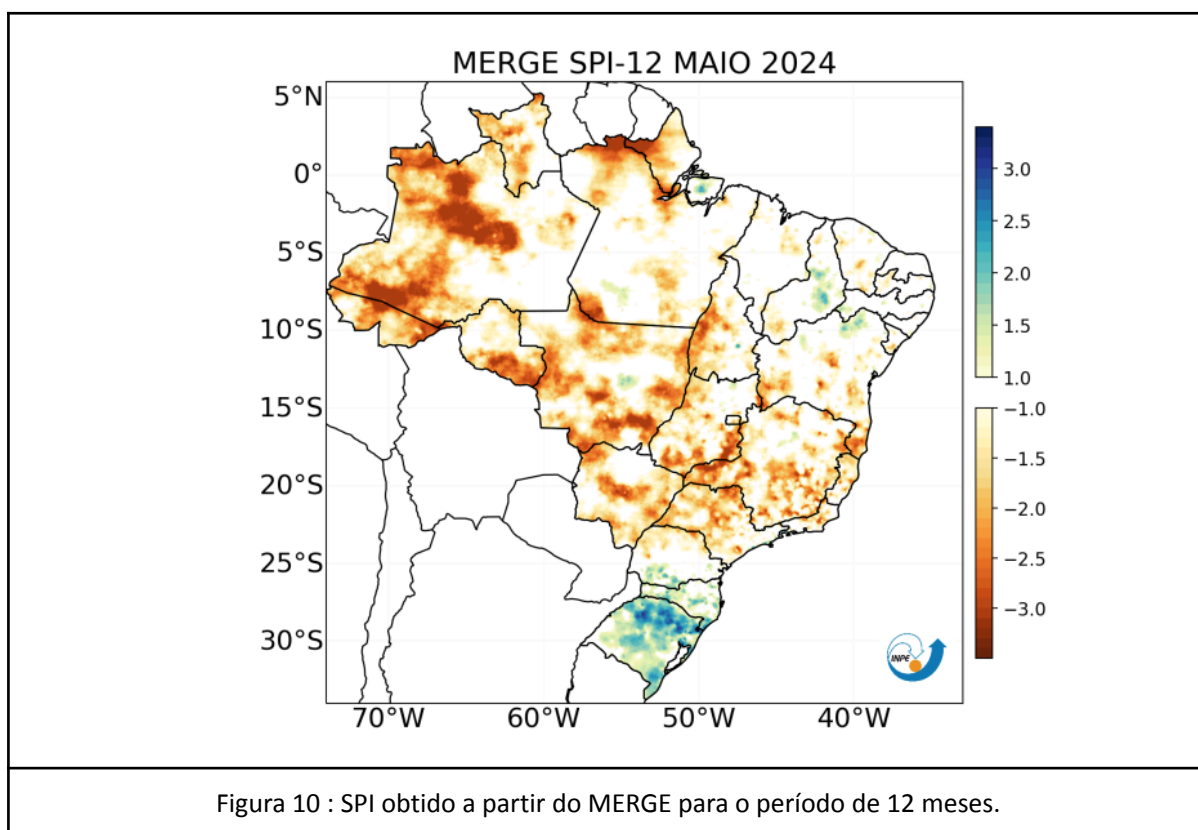
● Nível (m) ● Cota de Inundação (4,75 m) ● Cota de Alerta (4 m) ● Cota de Atenção (3 m)





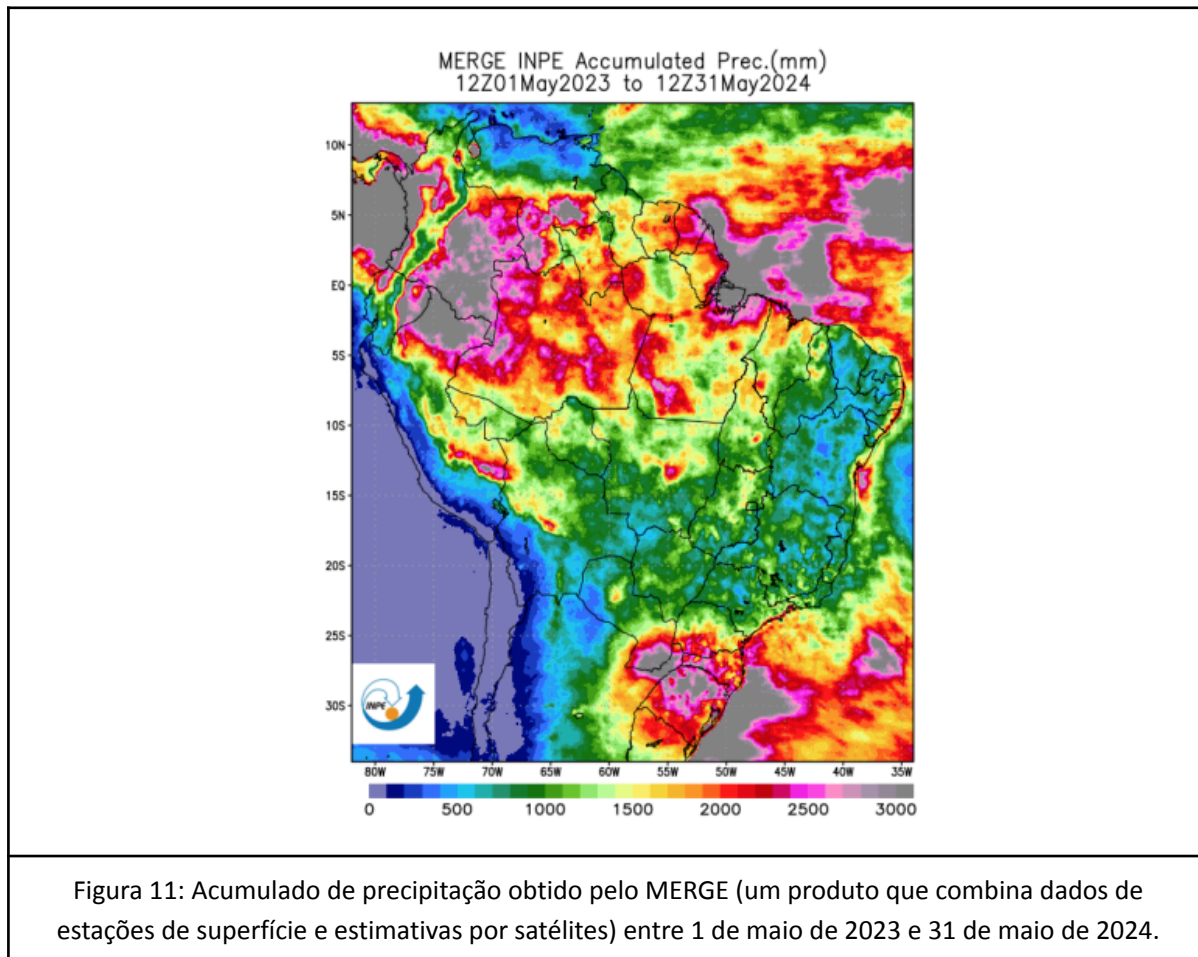
Aspectos climáticos

Para se ter uma ideia dos efeitos do fenômeno El Niño sobre nosso país, mais particularmente sobre o RS, em termos de excesso e déficit de chuva no último ano, foi calculado o SPI-12 (Figura 10). O Índice de Precipitação Padronizado (SPI) baseia-se nas probabilidades da precipitação registrada exceder um determinado valor. A climatologia mensal ou o valor médio do mês é calculado com base na precipitação acumulada (período de calibração). Além disso, essas informações acumuladas sobre a climatologia mensal podem ser verificadas em diferentes escalas de tempo (1, 3, 6, "n" meses). O SPI foi calculado e extraído do MERGE, e a média de longo termo (MLT) de 21 anos de dados foi usada para o cálculo. As áreas verdes (vermelhas) na imagem abaixo, indicam as condições de excesso (déficit) de chuva em relação aos últimos 12 meses (SPI-12). Fica evidente que a Região Sul, mais precisamente os estados do RS e parte de SC, foi a região que apresentou excedentes de chuva mais pronunciados.

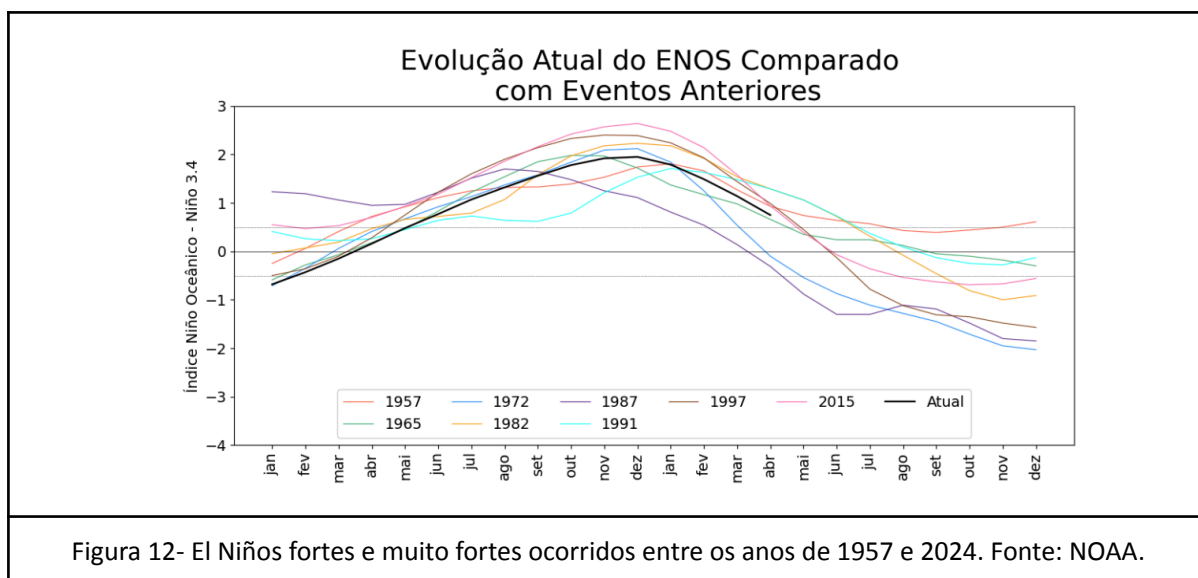


O fenômeno El Niño 2023/2024 começou a impactar o Brasil em meados de 2023, intensificando-se na primavera e no verão e trouxe impactos climáticos significativos, com consequências variadas nas diferentes regiões do país. A precipitação acumulada registrada entre o período de maio de 2023 a maio de 2024 (Figura 11) mostra acumulados de precipitação excepcionalmente altos na Região Sul do país. Em Passo Fundo-RS, segundo o INMET, o registro de chuva ao longo de 2023 foi de 2840 mm. Esse valor foi significativamente superior à média histórica anual, que normalmente fica em torno de 1918 mm, representando um aumento de 922 mm. Vale mencionar o aumento significativo

dessas precipitações entre o final do mês de abril e primeira quinzena do mês de maio de 2024, resultando no maior desastre enfrentado pelo Estado do RS e um dos maiores já observados no nosso país.



Em comparação com eventos anteriores de El Niño (Figura 12), o El Niño 2023/2024 foi classificado como de intensidade moderada a forte. O máximo deste El Niño foi observado no mês de dezembro, com valor de 2°C acima da média climatológica na região de referência Niño 3.4 no Pacífico Central. Embora não tenha sido o mais intenso já registrado, seus impactos foram significativos devido à sua duração e à amplitude das anomalias climáticas provocadas.



Assim, esse relatório técnico visa contribuir para o esclarecimento do evento meteorológico ocorrido que acarretou a tragédia verificada entre o final de abril e início de maio de 2024 no Estado do Rio Grande do Sul e colocamo-nos à disposição para contribuições adicionais caso seja necessário.

Atenciosamente,

Gustavo Carlos Juan Escobar
Pesquisador - SIAPE 2783901

Fabio Pinto da Rocha
Tecnologista Pleno - SIAPE 2230562

Diogo Alessandro Arsego
Tecnologista Pleno - SIAPE: 1268922

Marília Guedes do Nascimento
Tecnologista Pleno - SIAPE: 2908557

Izabelly Carvalho da Costa
Chefe da Divisão de Previsão de Tempo e Clima - DIPTC
SIAPE: 2908471

Divisão de Previsão de Tempo e Clima - DIPTC
Coordenação-Geral de Ciências da Terra - CGCT
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI